

Fara Nadilla, Nurul Wahyuni, Sandry Maulijar & Fitriani. Pengaruh Medium Dan Filter Arang Aktif Dari Sampah Organik Pada Sistem Akuaponik Terhadap Pertumbuhan Dan Keberlangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

PENGARUH MEDIUM DAN FILTER ARANG AKTIF DARI SAMPAH ORGANIK PADA SISTEM AKUAPONIK TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KEBERLANGSUNGAN HIDUP IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)

Fara Nadilla*, Nurul Wahyuni, Sandry Maulijar***, Fitriani******

*Program Studi Biologi, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia,
faranadilla58@gmail.com

**Program Studi Biologi, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia,
nurulwahyuni613@gmail.com

***Program Studi Biologi, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia,
sandrymaulijar@gmail.com

****Program Studi Biologi, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia,
fitriani@unsam.ac.id

Email korespondensi: fitriani@unsam.ac.id

Diterima : 20 Juni 2019

Disetujui : 24 Agustus 2019

Diterbitkan : 1 Agustus 2019

Abstract: Tilapia as a potential commodity cultivated fish in freshwater. However, the productivity of tilapia in Aceh still not due for limitation of freshwater ponds. Therefore aquaponic cultivation of tilapia is carried out by using a medium and filter from activated charcoal. This study aims to determine the effect of the medium and filter of activated charcoal on the aquaponics system on the growth and survival of tilapia. The design used by RAL consisted of 5 replications and five treatments. Data analysis using ANOVA followed by DMRT. The results showed that there was an effect of the use of medium and filters from the aquaponics system on the growth and survival of fish with a thickness of 6 cm (P4) activated charcoal. The thicker the activated charcoal used as a medium and a filter on the aquaponics system means increased growth and survival.

Keywords: activated charcoal, aquaponics, Tilapia

Abstrak: Ikan Nila sebagai salah satu komoditas ikan yang potensial dibudidayakan di perairan air tawar. Namun, produktivitas ikan Nila di Aceh masih kurang yang disebabkan karena keterbatasan tambak air tawar. Oleh karena itu dilakukan upaya pembudidayaan ikan Nila secara akuaponik dengan menggunakan medium dan filter dari arang aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh medium dan filter dari arang aktif pada sistem akuaponik terhadap pertumbuhan dan keberlangsungan hidup ikan Nila. Rancangan yang digunakan RAL yang terdiri dari 5 ulangan dan 5 perlakuan. Analisis data menggunakan ANOVA yang dilanjutkan dengan DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan medium dan filter dari sistem akuaponik terhadap pertumbuhan dan keberlangsungan hidup ikan dengan ketebalan arang aktif 6 cm (P4). Semakin tebal arang aktif yang digunakan sebagai medium dan filter pada sistem akuaponik maka rerata pertumbuhan dan keberlangsungan hidup meningkat.

Kata kunci: arang aktif, akuaponik, ikan Nila

Pendahuluan

Akuaponik merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang mengkombinasikan akuakultur dan hidroponik dalam lingkungan yang bersifat simbiotik. Teknologi akuaponik dapat mengoptimalkan pemanfaatan lahan pertanian sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman (Dhahiyat, Y., *et al.* 2018). Pada sistem akuaponik, umumnya hasil ekresi ikan dan pakan yang tersisa akan terakumulasi di dalam air sehingga menyebabkan timbulnya toksisitas air yang berpengaruh pada persentase keberlangsungan hidup ikan. Selain itu, hasil ekresi ikan ternyata dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dalam penelitian ini, hasil ekskresi ikan yang terakumulasi di dalam air akan di filter dengan menggunakan arang aktif dari sampah organik sehingga dapat mengurangi tingkat toksisitas air yang dapat dimanfaatkan kembali untuk keberlangsungan hidup ikan (Yavuzan, H.Y., 2017).

Arang aktif merupakan suatu karbon yang mampu mengabsorpsi anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik baik berupa larutan maupun gas (Francics, A. 2018). Selain itu arang aktif juga dapat menyerap residu pestisida dalam air dan tanah, serta meningkatkan kesuburan tanah dan mencegah terjadinya pembusukan akar yang disebabkan oleh mikroorganisme (Frederick, M and Fishel, 2017). Dengan demikian, penggunaan arang aktif diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan keberlangsungan hidup ikan.

Arang aktif yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sampah organik, karena mengingat permasalahan sampah organik masih menjadi permasalahan yang belum terpecahkan di sebagian kota besar di Indonesia. Hanya sebagian kecil sampah organik yang mampu diolah menjadi kompos dan sisanya dibakar dengan menggunakan *incinerator*, sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Oleh karena itu, untuk mengurangi pencemaran udara, sampah organik padat dapat dikonversi menjadi arang aktif dengan cara diaktivasi sehingga dapat digunakan sebagai medium tanaman padi dan filter air bagi kelangsungan hidup ikan Nila.

Ikan Nila sebagai salah satu komoditas ikan yang potensial dibudidayakan di perairan air tawar. Ikan Nila selain untuk konsumsi lokal juga merupakan komoditas ekspor terutama ke Amerika Serikat dalam bentuk fillet (daging tanpa tulang dan kulit) sehingga menjadi komoditi unggulan daerah. Ikan Nila mudah dipelihara, laju pertumbuhan dan perkembangbiakannya cepat, serta tahan terhadap gangguan hama dan penyakit (Farhat, R., *et al* 2016).

Namun, produktivitas ikan Nila di Aceh masih kurang, hal ini disebabkan karena hanya sebagian kecil masyarakat yang membudidayakan ikan Nila karena keterbatasan tambak air tawar. Namun, sebenarnya ikan Nila selain dapat dibudidayakan di kolam juga dapat dibudidayakan dengan menggunakan sistem akuaponik yang dikombinasikan dengan berbagai macam tanaman pangan lain.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu upaya alternatif pembudidayaan ikan Nila melalui sistem akuaponik sehingga dapat lebih efektif dan efisien dalam meningkatkan ketahanan pangan nasional baik yang hewani maupun nabati.

Metode Penelitian

Pembuatan Arang Aktif dari Sampah Organik

Arang aktif dibuat dari sampah organik dedaunan kering. Pembuatan arang aktif diawali dari proses pembakaran sampah menjadi arang. Selanjutnya, arang ditimbang sebanyak 100 g dan dimasukkan ke dalam 250 mL larutan ZnCl_2 0,1 N diaduk dan didiamkan selama 24 jam pada suhu kamar. Arang dari sampah organik disaring dan dicuci dengan akuades agar arang yang dihasilkan netral dari sifat ZnCl_2 teknis dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 1 jam. Kemudian arang aktif dihilangkan kadar airnya dengan cara pemanasan dalam oven dan disimpan di dalam wadah tertutup. Kemudian arang aktif siap digunakan (Meisrilestari, Y., *et al*, 2013).

Persiapan Medium Akuaponik

Medium biofilter-akuaponik menggunakan sistem pasang surut yang dirancang dengan cara menempatkan wadah tanaman di atas kolam ikan, wadah biofilter dilengkapi dengan arang aktif dari sampah organik dengan ketebalan yang bervariasi sesuai perlakuan. Selanjutnya, bagian ujung pipa yang berada dalam kolam disambungkan dengan pompa untuk menyedot air naik ke wadah pemeliharaan tanaman. Air dialirkan dengan prinsip resirkulasi, sehingga air buangan dari proses budidaya ikan yang masuk ke dalam wadah pemeliharaan tanaman padi dan digunakan kembali sebagai sumber air pada proses budidaya ikan (Somerville *et al.*, 2014).

Persiapan Tanaman

Benih padi disemai dengan menggunakan box penyemaian khusus untuk tanaman hidroponik, kemudian setelah 1 minggu setelah penyemaian benih padi dipindahkan ke dalam medium akuaponik. Untuk setiap lubang ditanam 1 tanaman padi.



Gambar 1. Tempat penyemaian hidroponik dan akuaponik benih padi

Pemindahan Ikan Nila Ke Medium Akuaponik

Ikan yang digunakan adalah ikan Nila dengan bobot 10-15 gram/ekor dengan panjang ± 1 cm dengan kepadatan 50 ekor/m². Ikan Nila tersebut terlebih dahulu diadaptasikan selama 2 minggu dalam wadah pemeliharaan sebelum diintegrasikan dengan tanaman. Ikan Nila yang digunakan berasal dari pembenihan benih ikan yang terletak di Kuala Langsa. Masa pemeliharaan ikan berlangsung selama 60 hari, Pakan yang diberikan berupa pelet dengan kandungan protein sekitar 30%.

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan satu faktor perlakuan yaitu tingkat ketebalan arang aktif sebagai medium/filter yaitu: P0 (kontrol), P1 = 1,5 cm arang aktif sebagai filter/medium akuaponik, P2 = 3 cm arang aktif sebagai filter/medium akuaponik, P3= 4,5 arang aktif sebagai filter/medium akuaponik atau P4= 6 cm arang aktif sebagai filter/medium akuaponik. Untuk masing-masing perlakuan digunakan 5 ulangan, sehingga jumlah sampel yang digunakan adalah 25 medium akuaponik.

Pengamatan

Pengamatan ikan Nila dilakukan saat ikan Nila berumur 4, 6, 8 dan 10 minggu setelah pemeliharaan. Adapun parameter yang diamati yaitu bobot total ikan, lebar tubuh ikan dan panjang ikan Nila, yang diukur dengan menggunakan jangka sorong.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap laju pertumbuhan dan keberlangsungan hidup ikan Nila disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Rerata Bobot total ikan Nila Setelah Perlakuan

Perlakuan		Ulangan										Rerata
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Minggu ke 4	P0	10	9	8	9	12	8	9	10	9	8	9.2 ^c
	P1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10 ^b
	P2	12	12	10	10	11	10	10	10	9	9	10.3 ^b
	P3	12	11	10	12	10	9	10	9	9	9	10.1 ^b
	P4	15	15	18	15	12	10	10	9	9	10	12.3 ^a
Minggu ke 6	P0	10	15	10	10	8	-	-	-	-	-	10.6 ^c
	P1	24	20	18	20	20	20	15	-	-	-	19.6 ^b
	P2	10	28	20	15	20	20	18	18	-	-	18.6 ^b
	P3	20	26	20	20	20	20	15	21	22	15	19.9 ^b
	P4	27	27	20	26	10	31	30	25	15	28	23.9 ^a
Minggu ke 8	P0	25	10	22	20	-	-	-	-	-	-	19.6 ^c
	P1	30	12	30	20	30	22	30	-	-	-	24.9 ^b
	P2	20	25	25	25	20	22	25	12	-	-	21.8 ^b

Perlakuan	Ulangan										Rerata
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
P3	20	20	20	20	25	20	22	20	10	-	19.7 ^c
P4	40	30	25	25	20	15	20	30	25	-	25.6 ^a
Minggu ke 10	P0	25	25	20	-	-	-	-	-	-	23.3 ^b
	P1	20	20	20	20	30	-	-	-	-	22 ^c
	P2	25	20	30	18	30	20	20	15	-	22.3 ^b
	P3	25	20	25	20	20	20	20	20	-	21.3 ^b
	P4	40	30	25	30	25	25	30	30	25	28.9 ^a

Keterangan: angka pada kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata terkecil pada taraf 5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian arang aktif pada perlakuan P4 sebagai medium dan filter pada sistem akuaponik dapat meningkatkan rerata berat badan ikan setelah perlakuan. Hal ini disebabkan karena pada perlakuan P4 merupakan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan ikan Nila yaitu kadar oksigen terlarut 5,6, suhu 28 °C, pH 7 dan kandungan amoniak 0,8 ppm. Sedangkan pada perlakuan P1, P2, dan P3 berat badan ikan tidak berbeda berbeda nyata antar perlakuan. Berat badan terendah ikan terdapat pada perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan karena kandungan amoniak pada perlakuan P0 berada di bawah kisaran optimal untuk pertumbuhan ikan Nila yaitu 1,5 ppm. Amoniak yang tidak terionisasi dalam air dapat menjadi racun bagi ikan sehingga mengakibatkan kerusakan jaringan insang. Selain itu, keberadaan amoniak yang tinggi dalam air dapat mengakibatkan berkurangnya daya ikat oksigen oleh eritrosit. Jumlah oksigen yang sedikit di dalam darah mengakibatkan ikan stress sehingga nafsu makan ikan berkurang dan pertumbuhan terhambat. Selain itu, penurunan berat badan ikan pada perlakuan kontrol juga disebabkan karena suhu nya melebihi batas optimum untuk pertumbuhan ikan Nila 3,2 °C. Hal ini mengakibatkan ikan mengalami stress pernafasan dan bahkan mengakibatkan kerusakan pada insang sehingga pertumbuhan ikan terhambat.

Tabel 2. Rerata Lebar Badan ikan Nila Setelah Perlakuan

Perlakuan	Ulangan										Rerata	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Minggu ke 4	P0	2.5	2.8	2.5	2.3	2.5	2.5	2	2.7	2.8	2.5	2.5 ^a
	P1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.2	2.2	2	2	2.2	2.3 ^b
	P2	2.6	2.5	2.5	2.3	2.5	2.3	2.1	2	2	2	2.2 ^c
	P3	2.7	2.5	2.2	2.7	2.3	2	2.3	2	2	2	2.2 ^c
	P4	2.9	3	3	2.7	2.7	2.5	2.3	2	2	2.3	2.5 ^a
Minggu ke 6	P0	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7	-	-	-	-	-	2.5 ^c
	P1	3.1	3	3.2	3	2.9	2.7	2.5	-	-	-	2.9 ^b
	P2	2.2	3.5	3	3.2	3	2.8	2.8	2.8	-	-	2.9 ^b
	P3	3.5	3.5	3	3.4	2.8	2.5	2.3	2.5	3.1	2.8	2.9 ^b
	P4	3.2	3.6	3.3	3.5	2.6	2.8	3.5	3.1	3.6	3.3	3.2 ^a
Minggu ke 8	P0	2.5	2.5	2.8	2.7	-	-	-	-	-	-	2.6 ^c
	P1	3.3	3.2	2.5	3.3	3.0	2.7	2.5	-	-	-	2.9 ^b

Perlakuan	Ulangan										Rerata	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
	P2	3.3	3.4	3.2	3	3	3	2.7	2.5	-	-	2.6 ^c
	P3	3.5	2.7	3.5	3	3.5	3.2	3.3	2.7	3.5	-	3.2 ^a
	P4	3.7	3.1	3.2	3.1	3	3.5	3.5	3.3	3.3	-	3.3 ^a
	P0	3	3	2.7	-	-	-	-	-	-	-	2.9 ^d
Minggu ke 10	P1	2.6	3.5	3	2.7	3.3	-	-	-	-	-	3.0 ^c
	P2	3	3.5	3.2	3	3.5	3.2	3	2.5	-	-	3.1 ^b
	P3	3.2	3.3	3.5	3.2	3.5	3.5	3	2.7	-	-	3.2 ^b
	P4	4	3.5	3.5	3.5	3.3	3.5	3.2	3.3	3.5	-	3.4 ^a

Keterangan: angka pada kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata terkecil pada taraf 5%

Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian arang aktif pada perlakuan P4 sebagai medium dan filter pada sistem akuaponik dapat meningkatkan rerata lebar badan ikan setelah perlakuan. Hal ini disebabkan karena pada perlakuan P4 merupakan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan ikan Nila yaitu kadar oksigen terlarut 5,6, suhu 28 °C, pH 7 dan kandungan amoniak 0,8 ppm. Sedangkan pada perlakuan P1, P2, dan P3 berat badan ikan tidak berbeda nyata antar perlakuan. Lebar badan terendah ikan terdapat pada perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan karena peningkatan konsentrasi amoniak. Peningkatan konsentrasi amoniak disebabkan oleh hasil sisa metabolisme ikan (feses) yang tidak terionisasi dalam air dan dapat menjadi racun bagi ikan sehingga mengakibatkan kerusakan jaringan insang. Selain itu peningkatan amoniak juga disebabkan oleh suhu dan pH. Hal ini disebabkan karena peningkatan kadar pH air dan suhu dapat mempengaruhi kandungan amoniak, semakin tinggi kandungan amoniak maka rerata pH dan suhu air semakin tinggi dan mengakibatkan berkurangnya daya ikat oksigen oleh eritrosit sehingga pertumbuhan ikan semakin terhambat.

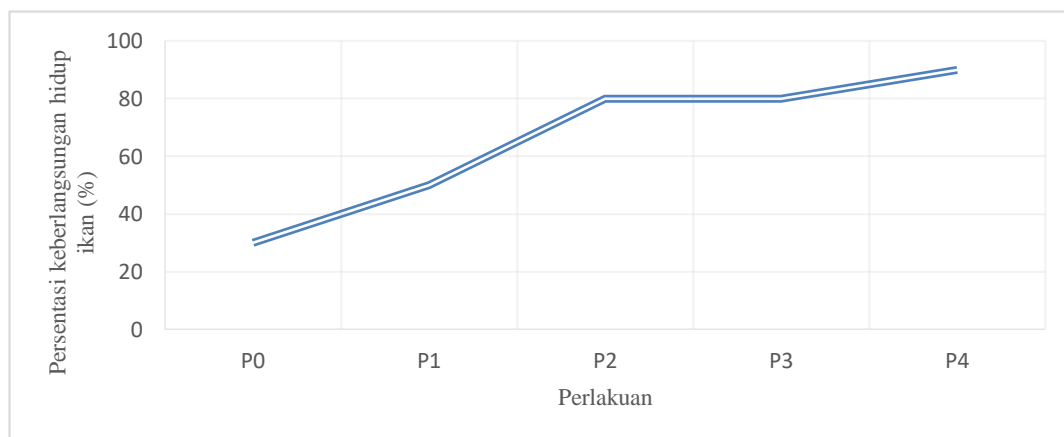
Tabel 3. Rerata Panjang Tubuh ikan Nila Setelah Perlakuan

Perlakuan	Ulangan											Rerata
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Minggu ke 4	P0	8.5	7.5	8.5	8.5	8.5	8.5	7	8.5	7.5	7.1	8.01 ^a
	P1	8.5	7.5	8.5	8.5	8.5	8.2	8	7.9	7.5	7.9	8.1 ^a
	P2	9	8.5	8	7.9	8.5	8	8	7.5	8.5	6.7	8.0 ^a
	P3	9	8.5	8	9	7.5	7	7.5	7	7.2	6.5	7.72 ^b
	P4	9.5	9.5	9	9	8.5	7	7.5	7	7	7.5	8.15 ^a
Minggu ke 6	P0	8	9	8.9	8	8.6	-	-	-	-	-	8.5 ^b
	P1	10.5	10	10.5	10	9.5	10	8	-	-	-	9.8 ^a
	P2	7.5	11	10.5	10	9.5	8.7	9.5	9	-	-	9.5 ^a
	P3	10	10	9	9	9	9	8	8	9	8.5	9.0 ^a
	P4	10	10.5	10.5	10.8	8.7	9.1	10.6	9.7	9.6	9.5	9.9 ^a
Minggu ke 8	P0	12	8.5	10	9	-	-	-	-	-	-	4.0 ^c
	P1	11	7	10	9	10	9	9	-	-	-	9.2 ^b
	P2	9	10	10.5	10.5	9	10.5	10.5	8.5	-	-	9.8 ^b
	P3	9	8.5	9	9.2	9.5	8.5	9.5	9	8	-	8.9 ^b
	P4	12	11.8	11.7	10	9.5	11	10.5	12.5	11	-	11.2 ^a

Minggu ke 10	P0	10.5	9.5	8	-	-	-	-	-	-	-	9.3^b
	P1	9.5	8.5	9.5	8	9.5	-	-	-	-	-	9^b
	P2	11	10	8	11	10	8	7.5	10	-	-	9.4^b
	P3	8.5	10.5	9	9	8	9.5	9.5	9	-	-	9.1^b
	P4	12.5	11.9	12	11	10.1	11.5	12	13	11.8	-	11.7^a

Keterangan: angka pada kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata terkecil pada taraf 5%

Tabel 3. menunjukkan bahwa pemberian arang aktif pada perlakuan P4 sebagai medium dan filter pada sistem akuaponik dapat meningkatkan rerata panjang badan ikan setelah perlakuan. Hal ini disebabkan karena pada perlakuan P4 merupakan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan ikan Nila yaitu kadar oksigen terlarut 5,6, suhu 28 °C, pH 7 dan kandungan amoniak 0,8 ppm. Sedangkan pada perlakuan P1, P2, dan P3 panjang badan ikan tidak berbeda nyata antar perlakuan. Panjang badan terendah ikan terdapat pada perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan karena tingginya konsentrasi pH yang mengakibatkan ikan menjadi stress sehingga pertumbuhan ikan terhambat.



Gambar 2. Persentase keberlangsungan hidup ikan

Gambar 1 menunjukkan bahwa pemberian arang aktif pada perlakuan P4 sebagai medium dan filter pada sistem akuaponik dapat meningkatkan persentase keberlangsungan hidup ikan sebesar 100%. Kualitas air perlakuan P4 merupakan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan ikan Nila dengan kadar oksigen terlarut 5,6, suhu 28 °C, pH 7 dan kandungan amoniak 0,8 ppm. Hal ini disebabkan karena hasil ekresi ikan yang terakumulasi di dalam air di filter dengan menggunakan arang aktif dari sampah organik sehingga dapat mengurangi tingkat toksinitas air yang dapat dimanfaatkan kembali untuk keberlangsungan hidup ikan (Yavuzan, H.Y., 2017) sehingga dapat meningkatkan keberlangsungan hidup ikan. Selain itu, pada sistem akuaponik pakan dan hasil ekskresi ikan akan dimanfaatkan sebagai pupuk bagi tanaman sehingga tidak ada air dan sisa pakan yang terbuang (*zero waste*) (Somerville *et al.*, 2014). Budidaya ikan dengan sistem akuaponik memiliki lingkungan yang terkontrol dan dapat menjaga kestabilan kualitas air sehingga dapat diandalkan untuk memelihara ikan dengan

kepadatan tinggi. Hal ini menyebabkan tingkat produktivitas ikan Nila yang tinggi dalam waktu budidaya yang singkat dengan tingkat mortalitas yang rendah dan tingkat kelulusan hidup yang tinggi (Danish *et al.*, 2017).

Kesimpulan

Penggunaan arang aktif sebagai medium dan filter pada sistem akuaponik dengan ketebalan 6 cm mampu meningkatkan rerata berat badan, lebar, panjang dan keberlangsungan hidup ikan Nila selama 60 hari pengamatan.

Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang memberikan dukungan finansial melalui Program Kreativitas Mahasiswa Tahun 2019.

Daftar Pustaka

- Baral, D. R., and Jha, K. (2015). Preparation of activated charcoal adsorbent from waste tire. *Scientific World*. 5(10).
- Danish, M., Trivedi, R.N., Kanyall, P., Khati, A., and Agrawa, R. (2017) Importance of Biotechnology in Fish Farming System. *Society for Scientific Development in Agriculture and Technology*, 12(1), 7-14.
- Dhahiyat, Yayat, T., Rizal, Y., Ahmad, and Zahidah. (2018). Aquaponics: a sustainable fishery productions system that provides research projects for undergraduate fisheries students. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 4(2).
- Farhat, R., Nasrun, M., and Muhammad, M. (2016). Adaptation Growth and Survival of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Bafgh Brackish Water. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 21(2), 22-30.
- Frederick, M , and Fishel. (2017). Activited charcoal for pesticide inactivation. *Ifas Extention*, 1(4), 45-51.
- Francics. A., Thenmozhi, R., Sivakumar. M., Sivakumar. K., and Sasikumar, G. (2018). Waste Water Treatment Unit Using Activated Charcoal. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(3).
- Gomez, K, dan Gomez, A. (2010). *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian*. Edisi Kedua. Terjemahan Endang Sjamsuddin dan Yustika S. Baharsjah. Jakarta. Universitas Indonesia: 98-100.
- Meisrilestari., H. (2013). Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia dan Fisika-Kimia. *Konversi*, 2(1).
- Somerville, C., M. Cohen, E. Pantanella, A. Stankus, and Lovatelli, A. (2015). Small-scale Aquaponics fovod Production: Integrated Fish and Plant Farmin. FAO. Journal. *World Aquac. Soc.* 2(46), 2028 -2032.

- Yavuzan, H.Y., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., and Domínguez, D. (2017). Fish Welfare in Aquaponic Systems: Its Relation to Water Quality with anphasis on Feed and Faeces. *Water*, 9(13), 5-12.
- Zonneveld, N., Huisman E. A, dan Boon, J. H. (2016). *Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan*. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama.